

明 細 書

有機 E L 素子および表示装置

5 技術分野

本発明は、陽極と陰極との間に発光層を有する有機層を挟持してなる有機 E L 素子、および有機 E L 素子を用いた表示装置に関する。

背景技術

10 近年、ブラウン管（C R T）に代わる表示装置として、軽量で消費電力の小さいフラット表示装置（ディスプレイ）の研究、開発が盛に行われている。このうち、無機 E L 素子や有機 E L 素子などの自発光型の表示素子（いわゆる発光素子）を用いた表示装置は、低消費電力での駆動が可能な表示装置として注目されている。

15 このような発光素子を用いた表示装置をフルカラー化する構成の一つに、白色発光する有機 E L 素子と、青、緑、または赤の波長領域の光のみを透過させる各カラーフィルタを組み合わせた構成がある。また、白色発光する有機 E L 素子としては、正孔輸送層側から青色発光層、緑色発光層、赤色発光層を順次積層した 3 波長の発光成分を有する構成のも
20 のが開示されている（特開平 1 0 - 3 9 9 0 号公報（特に図 1 参照）参照）。

発明の開示

しかしながら、上述した構成の白色発光有機 E L 素子は、青、緑、お
25 よび赤の波長領域においての発光強度のバランスが十分ではなく、このような有機 E L 素子を用いても、C R T と同程度に色再現性の良好な表

示装置を得ることはできなかった。

そこで本発明は、フルカラーの表示装置に適したバランスの良い発光成分の高輝度発光が可能な有機EL素子、およびこの有機EL素子を用いることにより色再現性に優れた表示が可能な表示装置を提供すること

5 を目的としている。

このような目的を達成するための本発明の有機EL素子は、発光色が異なる複数の発光層を陽極と陰極との間に積層してなる有機EL素子において、発光層間の少なくとも1箇所には有機材料からなる中間層を設けたことを特徴としている。

10 このような構成の有機EL素子では、発光層間に中間層を設けたことにより、各発光層において電荷の再結合によって生じた励起子のエネルギーが、発光層間を移動し難くなる。このため、このような励起子のエネルギーの移動による特定の発光層の発光効率の低下が防止される。したがって、各色の発光層における発光効率のバランスが維持される。

15 特に、上述した励起子のエネルギーは、最高占有分子軌道（HOMO : Highest Occupied Molecular Orbital）－最低非占有分子軌道（LUMO : Lowest Unoccupied Molecular Orbital）間のエネルギーギャップが小さい材料が存在する層に移動し易く、これによりエネルギーギャップの大きい発光層の発光効率が低下する。このため、これらの発光層間

20 に設けた中間層におけるHOMO－LUMO間のエネルギーギャップを、この中間層に隣接する発光層を構成する材料のHOMO－LUMO間のエネルギーギャップよりも大きくすることが好ましい。これにより、発光層間において上述したエネルギーの移動を生じることが確実に防止される。また、中間層にエネルギーが移動してこの中間層においてエネルギー

25 が放出されることもない。尚、中間層のHOMO－LUMO間のエネルギーギャップは、この中間層に隣接する発光層を構成する全ての材

料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きくする必要はなく、上述した励起子のエネルギーが移動し易い程度にエネルギーギャップが小さい材料がある場合に、この材料よりも大きければ良い。ただし、中間層のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップが、隣接する発光層を構成する全ての材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きければ、上述した発光層間におけるエネルギーの移動は確実に防止されることになる。

さらに、上記構成の有機EL素子では、それぞれの発光層に隣接する発光層を介して電子または正孔が輸送されることになる。このため、これらの発光層間に設けられる中間層を電子輸送性または正孔輸送性とするのが好ましい。これにより、隣接する発光層に対して電子または正孔が輸送され易くなる。したがって、陰極側に設けられた発光層の発光強度が弱い場合、この発光層の陽極側に正孔輸送性かつ電子阻止性の中間層を設けることにより、陰極側に設けられた発光層に輸送される正孔の量を増加させるとともに陽極側に設けられた発光層に輸送される電子を制限することができ、当該発光層においての電子と正孔との再結合確率を増加させて発光強度を強めることができる。一方、陽極側に設けられた発光層の発光強度が弱い場合、この発光層の陰極側に電子輸送性かつ正孔阻止性の中間層を設けることにより、陽極側に設けられた発光層に輸送される電子の量を増加させるとともに陰極側に設けられた発光層に輸送される正孔を制限することができ、当該発光層においての電子と正孔との再結合確率を増加させて発光強度を強めることができる。

さらに発光層は、陽極側から赤色発光層、緑色発光層、青色発光層の順に発光層を積層させた構成とすることにより、赤色発光層での発光効率を十分に確保しつつ、赤色発光層よりも陰極側の緑色発光層および青色発光層に十分に正孔を注入できる構成とすることができる。

この場合、緑色発光層と青色発光層との間に、正孔輸送性かつ電子阻止性の中間層を設けることとする。これにより、最も陰極側に設けられた青色発光層への正孔の注入が助長されるとともに緑色発光層への電子の注入を制限でき、青色発光層における再結合確率が確保される。これ
5 によっても、バランスの良好な白色発光が得られるようになる。このとき、緑色発光層への電子注入の障壁を設けるために、中間層のLUMOのエネルギーレベル（エネルギーの値）が緑色発光層のホスト材料となる電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。

10 またこの場合、赤色発光層と緑色発光層との間に、正孔輸送性かつ電子阻止性の中間層を設けても良い。これにより、中間層よりも陰極側に設けられた青色発光層および緑色発光層への正孔の注入が助長されるとともに、赤色発光層への電子の注入を制限でき、青色発光層および緑色
15 発光層における再結合確率が確保される。これによっても、バランスの良好な白色発光が得られるようになる。このとき、赤色発光層12への電子注入の障壁を設けるために、中間層のLUMOのエネルギーレベルが赤色発光層の電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。こうすることで、赤色発光層への電子の注入を制限
20 することができる。

20 また、本発明の表示装置は、上述した有機EL素子の光取り出し面側にカラーフィルタを設けたことを特徴としている。

このような表示装置によれば、各発光色のバランスに優れた複数の有機EL素子に各色のカラーフィルタを組み合わせることにより、各発光色の光をバランス良く取り出すことができる。

図 1 は、実施形態の有機 EL 素子の構成を示す断面図である。

図 2 は、実施形態の有機 EL 素子の他の構成（実施例 1）を示す断面図である。

図 3 は、実施形態の有機 EL 素子におけるエネルギーレベルを示す模式図である。

図 4 は、実施形態の有機 EL 素子のさらに他の構成（実施例 2）を示す断面図である。

図 5 は、実施例 1 で作製した有機 EL 素子の発光スペクトル図である。

図 6 は、実施例 2 における有機膜のエネルギーレベルを示す模式図である。

図 7 は、実施例 2 で作製した有機 EL 素子の発光スペクトル図である。

図 8 は、比較例で作製した有機 EL 素子の発光スペクトル図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の有機 EL 素子の構成を図面に基づいて詳細に説明する。

図 1 および図 2 は、本発明の有機 EL 素子を模式的に示す断面図である。

これらの図に示す有機 EL 素子 1, 1' は、例えば表示装置を構成する基板 2 の各画素に設けられたものであり、基板 2 側から順に、陽極 3、有機層 4 および陰極 5 を積層してなり、保護膜 6 で気密に覆われた構成となっている。特に、図 1 に示す有機 EL 素子 1 は、この有機 EL 素子 1 で発光した発光光 h を基板 2 と反対側から取り出す、いわゆるトップエミッション型として構成されている。一方、図 2 に示す有機 EL 素子 1' は、この有機 EL 素子 1' で発光した発光光 h を基板 2 側から取り出す、いわゆるボトムエミッション型として構成されている。

次に、これらの有機 EL 素子 1, 1' を構成する各部の詳細な構成を、基板 2、陽極 3、陽極 3 と対をなす陰極 5、これらの陽極 3 と陰極 5 と

の間に挟持された有機層 4 の順に説明する。

< 基板 >

5 先ず、基板 2 は、ガラス、シリコン、プラスチック基板、さらには TFT (thin film transistor) が形成された TFT 基板などからなり、特に図 2 に示すボトムエミッション型の有機 EL 素子の場合には、この基板 2 は光透過性を有する材料で構成されることとする。また、有機 EL 素子 1, 1' を他の表示素子と組み合わせて用いる場合には、他の表示素子と基板を共用することもできる。

< 陽極 >

10 そして、この基板 2 上に設けられた陽極 3 は、仕事関数の大きな導電性材料で構成されていることとする。仕事関数の大きな導電性材料としては、たとえば、ニッケル、銀、金、白金、パラジウム、セレン、ロジウム、ルテニウム、イリジウム、レニウム、タングステン、モリブデン、クロム、タンタル、ニオブやこれらの合金、あるいは酸化錫 (SnO_2)、
15 酸化インジウム錫 (ITO: Indium tin oxide)、酸化亜鉛、酸化チタン等がある。

< 陰極 >

一方、この陽極 3 と電源 8 を介して接続されている陰極 5 は、仕事関数が小さな導電性材料を用いて構成されている。このような導電性材料
20 としては、例えば、Li、Mg、Ca 等の活性な金属と Ag、Al、In 等の金属との合金、或いはこれらを積層した構造を使用できる。また、有機層 4 との間に例えば、Li、Mg、Ca 等の活性な金属とフッ素、臭素等のハロゲンや酸素等との化合物層を薄く挿入した構造としても良い。

25 そして、これらの陽極 3 および陰極 5 のうち、この有機層 4 で生じた発光光 h を取り出す側となる電極は、上述した材料の中から光透過性を

有する材料を適宜選択して用いることとし、用途に合った光透過率が得られるようにその膜厚が調整されていることとする。一方、他方の電極には、反射率の良好な材料を適宜選択して用いることとする。

また、陽極 3 および陰極 5 は、この有機 EL 素子 1, 1' によって構成される表示装置の駆動方式によって適する形状にパターンニングされていることとする。例えば、この表示装置の駆動方式が単純マトリクス型である場合には、この陽極 3 および陰極 5 は互いに交差するストライプ状に形成され、これらが交差した部分が有機 EL 素子 1, 1' となる。

また、表示装置の駆動方式が画素毎に TFT を備えたアクティブマトリクス型である場合には、陽極 3 は複数配列された各画素に対応させてパターン形成され、同様に各画素に設けられた TFT に対して、これらの TFT を覆う層間絶縁膜に形成されたコンタクトホール（図示省略）を介してそれぞれが接続される状態で形成されることとする。一方、陰極 5 は、基板 2 上の一面を覆う状態で成膜されたベタ膜状に形成されて良く、各画素に共通の電極として用いられることとする。ただし、表示装置の駆動方式としてアクティブマトリクス型を採用する場合には、図 1 に示したトップエミッション型の有機 EL 素子 1 を用いることで素子の開口率を向上させることが好ましい。

<有機層>

そして、これらの陽極 3 と陰極 5 との間に挟持される有機層 4 は、陽極 3 側から順に、正孔輸送層 10、赤色発光層 11、緑色発光層 12、中間層 a、青色発光層 13、電子輸送層 14 を積層してなる。特に、緑色発光層 12 と青色発光層 13 との間に中間層 a を設けたことが特徴になる。以下、層 10 - 15、中間層 a の順にこれらの各層の構成を説明する。

<正孔輸送層>

先ず、陽極 3 上に設けられる正孔輸送層 10 は、正孔を輸送するように設計された層である。この正孔輸送層 10 は、正孔輸送性能を向上させるために、複数種の正孔輸送材料を積層した構成であっても良い。

この正孔輸送層 10 を形成する材料（正孔輸送性材料）としては、例えばベンジジン又はその誘導体、スチリルアミン又はその誘導体、トリフェニルメタン又はその誘導体をはじめ、ポルフィリン又はその誘導体、トリアゾール又はその誘導体、イミダゾール又はその誘導体、オキサジアゾール又はその誘導体、ポリアリールアルカン又はその誘導体、フェニレンジアミン又はその誘導体、アリールアミン又はその誘導体、オキサゾール又はその誘導体、アントラセン又はその誘導体、フルオレノン又はその誘導体、ヒドラゾン又はその誘導体、スチルベン又はその誘導体、フタロシアニンまたはその誘導体、ポリシラン系化合物、ビニルカルバゾール系化合物、チオフェン系化合物、アニリン系化合物等の複素環式共役系のモノマー、オリゴマー、ポリマー等が挙げられる。

このような正孔輸送性材料の具体的な例としては、 α -ナフチルフェニルジアミン（ α -NPD）、ポルフィリン、金属テトラフェニルポルフィリン、金属ナフタロシアニン、4, 4', 4''-トリメチルトリフェニルアミン、4, 4', 4''-トリス（3-メチルフェニルフェニルアミノ）トリフェニルアミン（m-MTDATA）、N, N, N', N'-テトラキス（p-トリル）p-フェニレンジアミン、N, N, N', N'-テトラフェニル-4, 4'-ジアミノビフェニル、N-フェニルカルバゾール、4-ジ-p-トリルアミノスチルベン、ポリ（パラフェニレンビニレン）、ポリ（チオフェンビニレン）、ポリ（2, 2'-チエニルピロール）等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

25 <赤色発光層>

次に、この正孔輸送層 10 上に設けられた赤色発光層 11 は、正孔輸

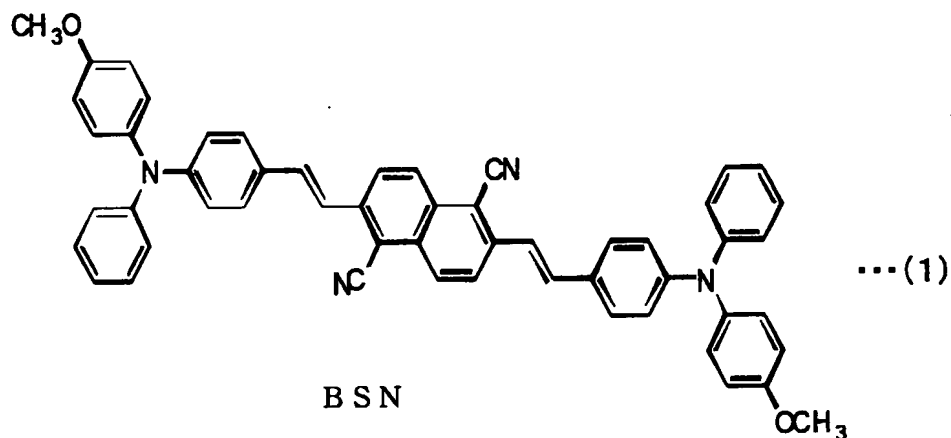
送層 10 から注入した正孔の一部がこの赤色発光層 11 内において再結合して赤色の発光を得られ、残りの発光に寄与しない正孔が緑色発光層 12 に輸送され、緑色および青色発光に寄与することが好ましい。

このような赤色発光層 11 は、a) 赤色発光材料（蛍光性または燐光性）、b) 正孔輸送性材料、c) 電子輸送性材料、さらには d) 両電荷輸送性材料の中から適宜必要とされる材料を組み合わせで構成される。これらの各材料は、発光性能および正孔輸送性能が確保されるように、必要に応じて下記に示す各材料カテゴリーの中から単数または複数の材料が適宜選択して用いられる。

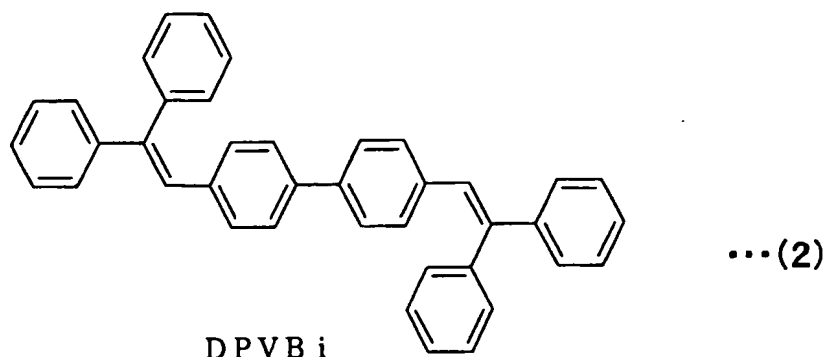
- すなわち、上記材料カテゴリーとしては、シクロペンタジエン誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、トリフェニルアミン誘導体、オキサジアゾール誘導体、バソフェナントロリン誘導体、ピラゾロキノリン誘導体、スチリルベンゼン誘導体、スチリルアリーレン誘導体、アミノスチリル誘導体、シロール誘導体、チオフェン環化合物、ピリジン環化合物、ペリノン誘導体、ペリレン誘導体、オリゴチオフェン誘導体、クマリン誘導体、ルブレン誘導体、キナクリドン誘導体、スクアリウム誘導体、ポルフィリン誘導体、スチリル系色素、テトラセン誘導体、ピラゾリン誘導体、トリフマニルアミン誘導体、アントラセン誘導体、ジフェニルアントラセン誘導体、ピレン誘導体、カルバゾール誘導体、オキサジアゾールダイマー、ピラゾリンダイマー、アルミキノリノール錯体、ベンゾキノリノールベリリウム錯体、ベンゾオキサゾール亜鉛錯体、ベンゾチアゾール亜鉛錯体、アゾメチル亜鉛錯体、ポルフィリン亜鉛錯体、ユーロビウム錯体、イリジウム錯体、白金錯体等、中心金属に Al、Zn、Be、Pt、Ir、Tb、Eu、Dy 等の金属を有し、配位子にオキサジアゾール、チアジアゾール、フェニルピリジン、フェニルベンゾイミダゾール、キノリン構造等を有する金属錯体等が例示される。

特に、a) 赤色発光材料の具体例としては、スチリルアリーレン誘導体である下記式(1)に示すBSNが挙げられる。このような、スチリルアリーレン系材料は特開2002-226722号公報に記載例があるが、ホスト材料に対して高濃度のドーピングが可能であり、トリフェニルアミン骨格を有するため正孔輸送性を有している。したがって、この

5 ような赤色発光材料を用いることで、効率的な赤色の発光と高い正孔輸送性を得ることができるため、この赤色発光層11を正孔輸送層10に接して成膜するのが好ましいのである。



10 また、b) 正孔輸送性材料の具体例としては α -NPD、c) 電子輸送性材料の具体例としてはスチリルアリーレン誘導体である下記式(2)に示すDPVBi (4,4'-Bis(2,2-diphenyl-ethen-1-yl)-diphenyl)が挙げられるが、これらに限定されるものではない。



< 緑色発光層 >

そして、この赤色発光層 1 1 上に設けられた緑色発光層 1 2 は、正孔と電子の両方の電荷輸送性を有していることが好ましく、こうすることによって赤色発光層 1 1 から注入された正孔の一部を緑色発光層 1 2 内で発光に寄与させ、残りを青色発光層 1 3 に輸送すると共に、青色発光層 1 3 側から注入された電子の一部を緑色発光層 1 2 内で発光に寄与させ、残りを赤色発光層 1 1 に輸送する。これにより、赤、緑、青のそれぞれの発光層 1 1, 1 2, 1 3 から発光が得られるようになる。

- 10 このような緑色発光層 1 2 に両電荷輸送性を持たせる方法としては
- (1) 両電荷輸送性ホストに緑色発光材料をドープする、(2) 正孔輸送性ホストに電子輸送性緑色発光材料をドープする、(3) 電子輸送性ホストに正孔輸送性緑色発光材料をドープする、(4) 正孔輸送性材料と電子輸送性材料の混合ホストに緑色発光材料をドープする、等の方法
- 15 が考えられる。このとき、緑色発光層 1 2 内の正孔輸送材料としては正孔輸送層に用いる正孔輸送材料でもよい。また、緑色発光層 1 2 内の電子輸送材料としては、次に説明する青色発光層 1 3 を構成する電子輸送性ホスト材料を用いても良い。

このような緑色発光層 1 2 を構成する材料としては、上述した材料カ

20 テゴリーの中から単数または複数の材料が適宜選択して用いられる。

さらに、緑色発光層 1 2 は、正孔輸送層 1 0 側に赤色発光層 1 1 がある本発明の有機 EL 素子 1 においては、赤色発光層 1 1 と青色発光層 1 3 との間に設けるのが好ましい。これは、(1) 赤色発光層 1 1 と青色発光層 1 3 が隣接する場合には青色発光層 1 3 でできた励起子のエネルギーは赤色発光 1 1 層に移動しやすく、青色の強度が得られにくいこと、
(2) 青色発光層 1 3 を赤色発光層 1 1 と緑色発光層 1 2 の間に設ける場合、励起子のエネルギーは赤色発光層 1 1 と緑色発光層 1 2 の両方に奪われてしまうこと、等の問題があるためである。また、両電荷輸送性の緑色発光層 1 2 の構成として、例えば電子輸送性ホストに正孔輸送性
10 緑色発光材料をドーピングするような構成をとった場合は、有機層 4 を構成する各層の成膜において 2 元共蒸着で白色デバイスとして機能させることが可能であり、3 元共蒸着のような複雑な製造プロセスが不要になるため好ましい。

< 青色発光層 >

15 次いで、緑色発光層 1 2 上に中間層 a を介して設けられる青色発光層 1 3 は、電子輸送性を有していることとする。これにより、電子輸送層 1 4 から青色発光層 1 3 に注入された電子の一部は青色発光層 1 3 内で青色発光に寄与し、残りは緑色発光層 1 2 に輸送されることで緑色及び赤色発光に寄与する。

20 青色発光層 1 2 は、a) 青色発光材料（蛍光性または燐光性）、b) 正孔輸送性材料、c) 電子輸送性材料、さらには d) 両電荷輸送性材料のなかから適宜必要とされる材料を組み合わせで構成される。これらの各材料は、発光性能および正孔輸送性能が確保されるように、必要に応じて上述した各材料カテゴリーの中から単数または複数の材料が適宜選
25 択して用いられる。

特に、a) 青色発光材料の具体例としては、ペリレンを挙げることが

でき、b) 正孔輸送性材料の具体例としては α -NPD、c) 電子輸送性材料の具体例としてはスチリルアリーレン誘導体である上記した式

(2)のDPVB_iが挙げられるが、これらに限定されるものではない。

また、青色発光層13は、緑色発光層12側から順に両電荷輸送性青色発光層と電子輸送性青色発光層とを積層した構成であっても良い。青色発光層13をこのような積層構造とすることにより、青色発光層13内全体に効率よく正孔を運ぶことができ、高効率かつ安定的な色純度の高い発光が可能となる。青色発光層13に両電荷輸送性を持たせる方法としては(1)両電荷輸送性ホストに青色発光材料をドーピングする、(2)正孔輸送性ホストに電子輸送性青色発光材料をドーピングする、(3)電子輸送性ホストに正孔輸送性青色発光材料をドーピングする、(4)正孔輸送性材料と電子輸送性材料の混合ホストに青色発光材料をドーピングする、等の方法が考えられる。

本発明の青色発光層13は、青色発光層13内で電荷の再結合により生じた励起子のエネルギーが、赤色発光層11や緑色発光層12に移動するのをなるべく小さくして青色発光層13においての発光に寄与する構成とするため、最も陰極5側に青色発光層13を設けるのが好ましい。

<電子輸送層>

また、青色発光層13と陰極5との間に設けられた電子輸送層14は、電子を輸送するように設計された層である。この電子輸送層14は、電子輸送性能を向上させるために、複数種の電子輸送材料を積層した構成であっても良い。

このような電子輸送性材料として使用可能な材料としては、8-ヒドロキシキノリンアルミニウム(A1q3)、8-ヒドロキシメチルキノリンアルミニウム、アントラセン、ナフタレン、フェナントレン、ピレン、クリセン、ペリレン、ブタジエン、クマリン、アクリジン、スチル

ベン、又はこれらの誘導体等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

<中間層>

次いで、上述した緑色発光層 1 2 と青色発光層 1 3 との間に設けられた中間層 a は、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが、緑色発光層 1 2 や青色発光層 1 3 を構成する材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きい有機材料で構成されていることとする。ここでは、青色発光層 1 3 で生じた励起子のエネルギーが緑色発光層 1 2 に移動することを防止するために、緑色発光層 1 2 の発光材料であるドーパントのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが大きい有機材料で中間層を構成することとする。

また、上述した各発光層 1 1, 1 2, 1 3 での発光において、中間層 a の陽極 3 側に配置されている緑色発光層 1 2 での発光強度が強く、中間層 a の陰極 5 側に配置されている青色発光層 1 3 での発光強度が弱い場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有し、さらに正孔輸送性かつ電子阻止性を有する材料を用いて中間層 a を構成するようにする。一方、発光強度がこれと逆の場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有し、さらに電子輸送性かつ正孔阻止性を有する材料を用いて中間層 a を構成するようにする。尚、ここでは、中間層 a が正孔輸送性かつ電子阻止性であることとする。

このような特性を有する中間層 a を構成する有機材料としては、正孔輸送層 1 0 に使用可能な材料、発光層 1 1 ~ 1 3 に使用可能な材料、および電子輸送層 1 4 に使用可能な材料の中から適宜選択して用いられる。この場合、この中間層 a に隣接して配置される発光層 1 2, 1 3 を構成する材料のエネルギーギャップ特性を考慮し、中間層 a として上述した

各特性が得られるような材料が選択されることとする。本実施形態の有機EL素子1, 1' に用いられる有機材料の具体的な例としては、TPD、 α -NPD、CBP等の正孔輸送性があり、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップの比較的大きな材料が挙げられる。

- 5 また、この中間層aは、膜厚が0.1nm~20nmの範囲、さらに好ましくは中間層aの膜厚は0.5nm~10nmの範囲で設定されることとする。こうすることで中間層aは十分に機能を発揮するのである。つまり、中間層aの膜厚がこの範囲よりも薄いと、中間層aを設けたことによる下記の効果を十分に得ることができない。一方、中間層aの膜厚がこの範囲よりも厚いと、有機層4の厚膜化による駆動電圧の上昇や、
10 駆動寿命の低下、電荷再結合領域の制御が不十分になるのである。

- 尚、この中間層aの配置位置は、緑色発光層12と青色発光層13との間に限定されることはなく、各発光層間に設けることができる。本実施形態であれば、緑色発光層12-青色発光層13間および赤色発光層
15 11-緑色発光層12間の少なくとも一方に設けられる。また、さらに複数の発光層を積層させた場合には、各発光層間に中間層aを設けることができる。ただし、何れの位置に設けられる中間層aと、この中間層aに隣接して配置される発光層の特性を考慮して上述同様の特性を備えていることとする。

- 20 また、以上述べたような積層構造で構成された有機層4は、周知の方法にて合成された各有機材料を用いて、真空蒸着やスピンコートなどの周知の方法を適用して行うことができる。

- そして、上述した構成の有機EL素子1, 1' とカラーフィルタとを組み合わせるフルカラーの表示装置を構成する場合には、複数の有機EL
25 L素子1, 1' のそれぞれの光取り出し面側に、青、緑、赤の波長領域の光のみを透過するカラーフィルタを設けた構成とする。

- 以上説明した構成の有機EL素子1, 1'によれば、緑色発光層12と青色発光層13との間に中間層aを設けたことにより、緑色発光層12と青色発光層13とのそれぞれで電荷再結合して生成した励起のエネルギーが、緑色発光層12-青色発光層13間を移動し難くなる。特に、
- 5 このような積層構造の有機EL素子1, 1'においては、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが大きい青色発光層13で発生した励起子のエネルギーが緑色発光層12に移動する場合があります、青色発光層13での発光強度が低下する場合があった。しかしながら、本実施形態においては、中間層aのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップを、
- 10 緑色発光層12の発光材料であるドーパントのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きくしたことにより、青色発光層13内で生成した励起子エネルギーが緑色発光層12に移動し難く、青色発光層13での青色発光の強度を高く保つことが可能である。また、中間層aにエネルギーが移動してこの中間層aにおいてエネルギーが放出される
- 15 こともない。
- しかも、最も陽極3側を赤色発光層11としたことにより、高濃度でドーブ可能な正孔輸送性赤色発光材料を用いて赤色発光層11を構成し、赤色発光層11よりも陰極5側の緑色発光層12および青色発光層13に正孔を輸送し易い構成とすることができる。
- 20 このような状態において、特に本実施形態の中間層aが正孔輸送性および電子阻止性を有する構成となっているため、この中間層aよりも陰極5側に設けられた青色発光層13にまで十分に正孔を輸送できるとともに緑色発光層12への電子の注入を制限でき、青色発光層13においての電子と正孔との再結合確率を高めることが可能になる。このことから、
- 25 青色発光の強度を高めることが可能である。このとき、緑色発光層12への電子注入の障壁を設けるために、正孔輸送性を有する中間層

a の LUMO のエネルギーレベルが緑色発光層 12 のホスト材料となる電子輸送性成分の LUMO のエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。このような構成をエネルギーレベルで示すと、図 3 のようになる。すなわち、陽極 3 と陰極 5 との間に、陽極 3 側から正孔輸送層 10、赤色発光層 11、緑色発光層 12、中間層 a、青色発光層 13、電子輸送層 14 を積層させた構成である場合において、中間層 a の LUMO のエネルギーレベル [すなわちエネルギー：Energy (eV) の値] が緑色発光層のホスト材料となる電子輸送性成分の LUMO のエネルギーレベル [すなわちエネルギー：Energy (eV) の値] よりも高いことが好ましいのである。こうすることで、緑色発光層 12 への電子の注入を制限することができる。

したがって、それぞれの発光層 11, 12, 13 において、バランスが良好で高効率な各色発光が取りだされ、各色の発光強度のバランスが良好で、かつ発光効率の良好な白色発光を得ることが可能になる。

尚、以上説明した実施形態においては、中間層 a が緑色発光層 12 と青色発光層 13 との間に配置される場合を例示した。しかしながら上述したように、中間層は、緑色発光層 12 - 青色発光層 13 間および赤色発光層 11 - 緑色発光層 12 間の少なくとも一方に設けられれば良いのであり、何れの位置に設けられる中間層であっても、これらの中間層に隣接して配置される発光層の特性を考慮して上述同様の特性を備えていることとする。

例えば、図 4 に示すように、赤色発光層 11 - 緑色発光層 12 間にも中間層 a' を設けた有機 EL 素子 1" では、この中間層 a' は、HOMO - LUMO 間のエネルギーギャップが、赤色発光層 11 や緑色発光層 12 を構成する材料の HOMO - LUMO 間のエネルギーギャップよりも大きい有機材料で構成されていることとする。具体的な一例としては、

緑色発光層 1 2 で生じた励起子のエネルギーが赤色発光層 1 1 に移動することを防止するために、赤色発光層 1 1 の発光材料であるドーパントの HOMO-LUMO 間のエネルギーギャップよりも、HOMO-LUMO 間のエネルギーギャップが大きい有機材料で中間層 a' を構成することとする。

そして、上述した実施形態と同様に、赤色発光層 1 1 と緑色発光層 1 2 との間に配置された中間層 a' の陽極 3 側に配置されている赤色発光層 1 1 での発光強度が強く、中間層 a' の陰極 5 側に配置されている緑色発光層 1 2 での発光強度が弱い場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有しさらに正孔輸送性かつ電子阻止性を有する材料を用いて中間層 a を構成するようにする。一方、発光強度がこれと逆の場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有し、さらに電子輸送性かつ正孔阻止性を有する材料を用いて中間層 a を構成するようにする。

このような構成の有機 EL 素子 1" であれば、赤色発光層 1 1 と緑色発光層 1 2 との間に中間層 a' を設けたことにより、赤色発光層 1 1 と緑色発光層 1 2 とのそれぞれで電荷再結合して生成した励起のエネルギーが、赤色発光層 1 1 - 緑色発光層 1 2 間を移動し難くなる。また特に、中間層 a' が正孔輸送性および電子阻止性を有する構成となっていれば、この中間層 a' よりも陰極 5 側に設けられた緑色発光層 1 2 および青色発光層 1 3 にまで十分に正孔を輸送できるとともに、赤色発光層 1 1 への電子の注入を制限でき、緑色発光層 1 2 および青色発光層 1 3 においての電子と正孔との再結合確率を高めることが可能になる。このとき、赤色発光層 1 1 への電子注入の障壁を設けるために、正孔輸送性を有する中間層 a' の LUMO のエネルギーレベルが赤色発光層 1 1 の電子輸送性成分の LUMO のエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。こうすることで、赤色発光層 1 1 への電子の注入を制限することができる。

したがって、上述した実施形態と同様に、それぞれの発光層 1 1, 1 2, 1 3 において、バランスが良好で高効率な各色発光が取りだされ、各色の発光強度のバランスが良好で、かつ発光効率の良好な白色発光を得ることが可能になる。

- 5 また、以上説明した実施形態においては、陽極 3 側から順に赤色発光層 1 1、緑色発光層 1 2、青色発光層 1 3 の順に積層された構成を説明したが、本発明はこのような積層順に限定されることはなく、逆の積層順であっても良い。ただしこの場合、各発光層の電荷輸送性も、適宜変更されることになる。すなわち、最も陽極 3 に設けられた青色発光層は
- 10 少なくとも正孔輸送性を有し、この陰極 5 側に設けられた緑色発光層は両電荷輸送性を有し、また、最も陰極 5 側に設けられた赤色発光層は少なくとも電子輸送性を有していることとする。このような構成であっても、各発光層間に設けられる中間層の特性は、上述したのと同様に考えられ、同様の効果を得ることができる。
- 15 例えば、最も陽極 3 側の青色発光層とその陰極 5 側の緑色発光層との間に、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが上述したように大きい中間層を設けることにより、青色発光層と緑色発光層で生じた励起子のエネルギーの移動を防止できる。また、このような構成において、この中間層を電子輸送性かつ正孔阻止性とすることにより、陽極 3 側に
- 20 配置された青色発光層での電荷の再結合確率を高めることが可能である。このとき、緑色発光層 1 2 への正孔注入の障壁を設けるために、中間層のHOMOのエネルギーレベルを緑色発光層 1 2 の正孔輸送性成分のHOMOのエネルギーレベルよりも低くすることで緑色発光層 1 2 への正孔注入を制限できる。
- 25 一方、この中間層を正孔輸送性かつ電子阻止性とすることにより、中間層よりも陰極 5 側に配置された緑色発光層や赤色発光層での電荷の再

結合確率を高めることが可能である。

さらに、本発明は、基板 2 上に陽極 3 を設け、この陽極 3 上に有機層 4 および陰極 5 を積層した構成に限定されることもなく、基板 2 上に陰極を設け、この陰極上に有機層および陽極をこの順に積層した構成の有機 EL 素子にも適用可能である。尚、このような構成の場合でも、陰極および陽極の材料や膜厚を適宜選択することで、トップエミッション型およびボトムエミッション型の両方の構成が可能であり、上述した有機 EL 素子 1, 1', 1'' と同様の効果を得ることができる。

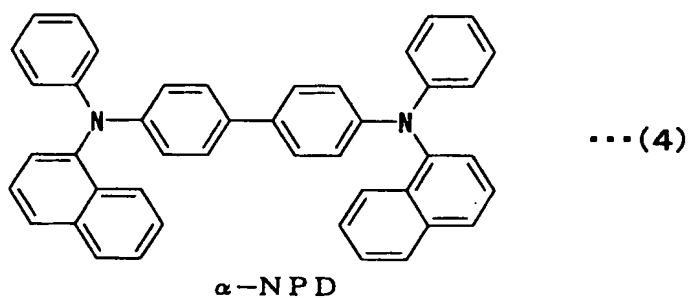
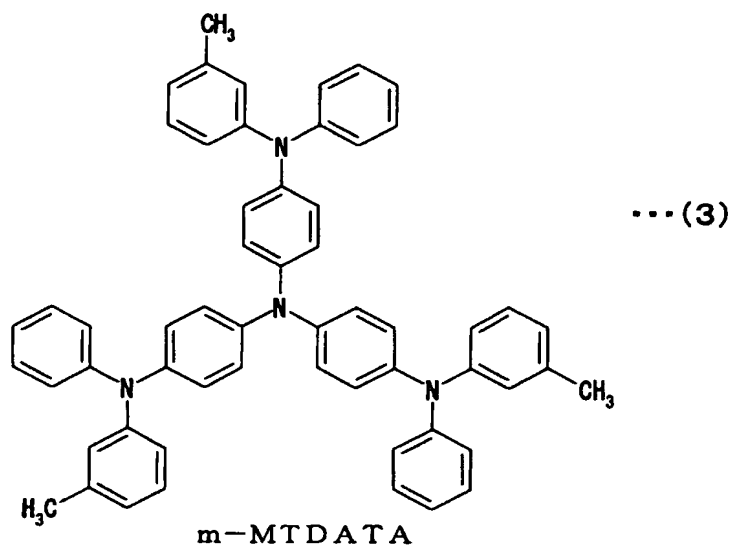
(実施例)

10 <実施例 1>

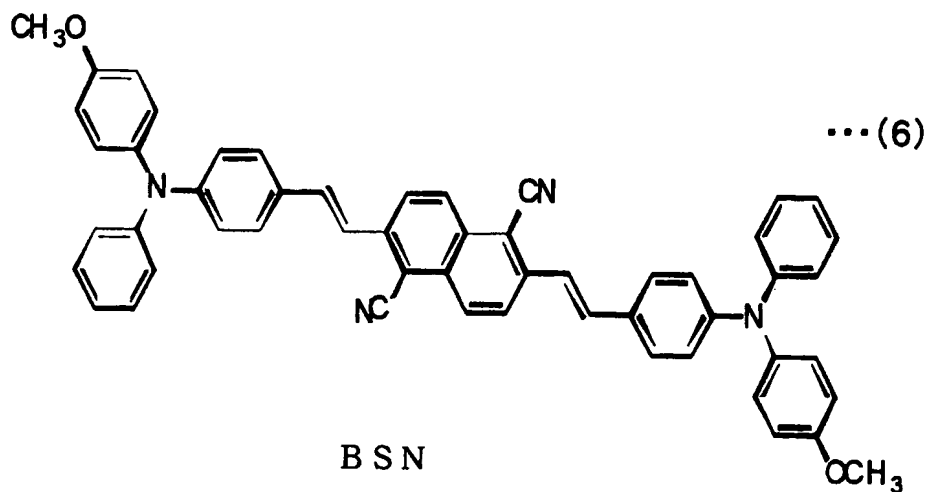
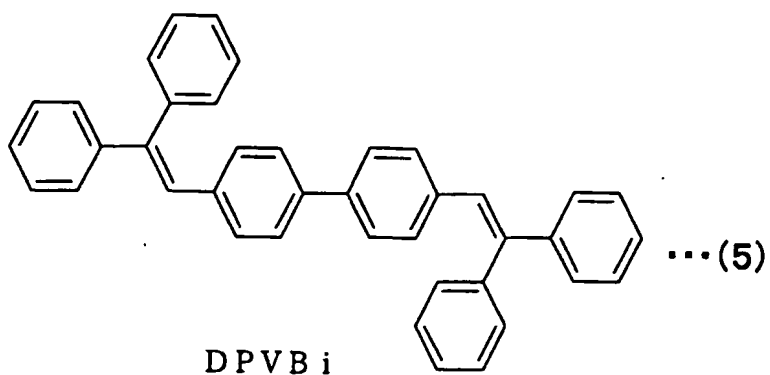
本実施例 1 では、図 2 を用いて説明したボトムエミッション型の有機 EL 素子 1' を次のように作製した。

まず、30 mm×30 mm のガラス板からなる基板 2 上に、陽極 3 として ITO (膜厚約 100 nm) を形成し、さらに感光性有機絶縁材料により陽極 3 の中央部の 2 mm×2 mm の発光領域以外を絶縁膜 (図示省略) でマスクした有機 EL 素子用のセルを作製した。次に、開口を有する金属マスクを、各発光領域となる陽極 3 (ITO) の露出部上に開口を合わせた状態で基板 2 上に近接して配置し、 10^{-4} Pa 以下の真空中での真空蒸着法により、以下の有機層を順次形成した。

20 先ず、正孔輸送層 10 として、下記式 (3) に示す m-MTDATA (4, 4', 4''-トリス (3-メチルフェニルフェニルアミノ) トリフェニルアミンを 20 nm の厚さで成膜し、次いで下記式 (4) に示す α -NPD (α -ナフチルジアミン) を 20 nm の厚さで成膜した。蒸着レートは 0.1 nm/秒とした。

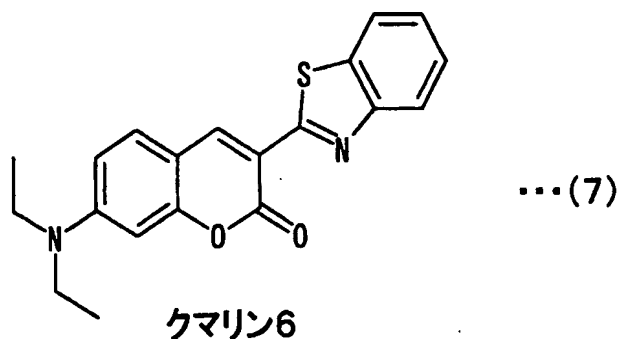


次に、赤色発光層 11 として、下記式 (5) に示す DPVBi をホストとし、赤色発光材料として下記式 (6) に示す BSN を 30% ドープした共蒸着膜を 5 nm の厚さで成膜した。蒸着レートは 0.2 nm/秒とした。



その後、緑色発光層 1 2 として、上記した DPVBi : α -NPD = 1 : 1 の比率のホストに、緑色発光材料として下記式 (7) に示すクマリン 6 を 1 % ドープした共蒸着膜を 10 nm の厚さで成膜した。蒸着レートは 0.2 nm/秒とした。

23



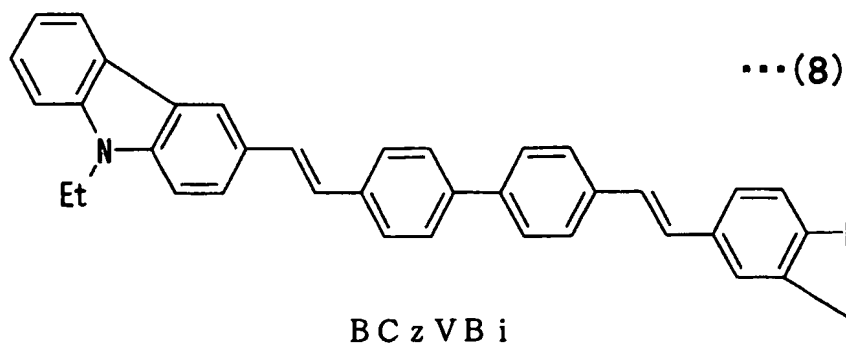
そして、正孔輸送性を有する中間層 a として、上記した α -NPD を 3 nm の厚さで成膜した。蒸着レートは 0.1 nm/秒とした。尚、 α -NPD は、その HOMO-LUMO 間のエネルギーギャップが、緑色

5 発光層 12 の緑色発光材料であるクマリン 6 のエネルギーギャップよりも大きい。また、 α -NPD の LUMO のエネルギーレベルは緑色発光層 12 の電子輸送成分である DPVB i の LUMO のエネルギーレベルよりも高い。

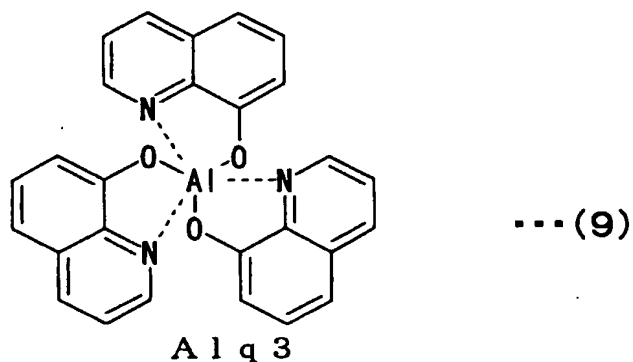
さらに、青色発光層 13 として、上記した DPVB i をホストとして

10 青色の発光材料として、下記式 (8) に示す BCzVBi

(4,4'-(Bis(9-ethyl-3-carbazovinylen)-1,1-biphenyl)を 3% ドープした共蒸着層を 30 nm の厚さで成膜した。蒸着レートは 0.2 nm/秒とした。



次いで、電子輸送層 14 として、下記式 (9) に示す Alq3 を 20 nm の厚さで成膜した。蒸着レートは 0.2 nm/秒とした。



次に、陰極 5 として、Mg と Ag の共蒸着比 10 : 1 の薄膜を 50 nm の膜厚で成膜し、さらに Ag を 150 nm の厚さに形成した。蒸着レートは 0.5 nm/秒とした。

以上により作製した実施例 1 の有機 EL 素子の発光スペクトルを図 5 に示す。この図に示すように、実施例の有機 EL 素子からは、青、緑、赤それぞれの発光成分が得られることが確認された。また、電流密度 25 mA/cm² で、輝度 1337 cd/m²、CIE 色度 (0.319, 0.294) の発光が、発光面においてムラ無く均一に得られた。

<実施例 2>

本実施例 2 では、図 4 を用いて説明したボトムエミッション型の有機 EL 素子 1'' を作製した。尚、図 6 には、本実施例 2 における有機層 15 におけるエネルギーレベルの模式図を示す。

この場合、上述した実施例 1 の有機 EL 素子の作製手順において、赤色発光層 11 と緑色発光層 12 との間に、中間層 a' を形成する工程を加えたこと以外は、実施例 1 と同様にしてボトムエミッション型の有機 EL 素子 1'' を作製した。ただし、緑色発光層 12 と青色発光層 13 と 20 の間の中間層 a は、膜厚 2 nm (実施例 1 では 3 nm) で形成した。ま

た、赤色発光層 1 1 と緑色発光層 1 2 との間の中間層 a' として、上記した α -NPD を 2 nm の厚さで成膜した。蒸着レートは 0.1 nm/秒とした。尚、中間層 a' を構成する α -NPD は、その HOMO-LUMO 間のエネルギーギャップは、赤色発光層 1 1 の赤色発光材料である BSN のエネルギーギャップよりも大きい。また、 α -NPD の LUMO のエネルギーレベルは赤色発光層 1 1 の電子輸送成分となる BSN の LUMO のエネルギーレベルよりも高い。

以上により作製した実施例 2 の有機 EL 素子の発光スペクトルを図 7 に示す。この図に示すように、実施例 2 の有機 EL 素子からは、青、緑、赤それぞれの発光成分が得られることが確認された。また、電流密度 25 mA/cm² で、輝度 1706 cd/m²、CIE 色度 (0.324, 0.362) の発光が、発光面においてムラ無く均一に得られた。

<比較例>

比較例では、実施例 1 で作製した有機 EL 素子 1' の構成から中間層 a を省いた構成の有機 EL 素子を作製した。このような有機 EL 素子の作製は、上述した実施例の製造手順において、中間層 a の形成手順を省いたこと以外は、実施例と同様の手順で有機 EL 素子を作製した。

以上により作製した比較例の有機 EL 素子の発光スペクトルを図 8 に示す。この図に示すように、比較例の有機 EL 素子からは、青、緑、赤それぞれの発光成分が得られることが確認された。電流密度 25 mA/cm² で、輝度 1311 cd/m²、CIE 色度 (0.392, 0.390) であった。

しかしながら、図 5、図 7 の発光スペクトル (実施例 1, 2) と図 8 の発光スペクトル (比較例) とを比較すると、実施例の中間層を設けた有機 EL 素子の方が、青色発光成分が大きく白色発光としてバランスの取れた発光が得られることが確認された。

産業上の利用可能性

以上説明したように本発明の有機EL素子によれば、異なる波長領域の光をバランス良く高効率で発光させることが可能となる。したがって、

5 青、緑、赤の各発光色の発光層を積層させることで、発光強度のバランスが良好で発光効率の良好な白色発光を得ることが可能になる。また、この有機EL素子とカラーフィルタと組み合わせた表示装置によれば、各発光色の光をバランス良く取り出すことができ、色再現性に優れた表示が可能となる。パネルを構成することが可能になる。

請求の範囲

1. 発光色が異なる複数の発光層を前記陽極と陰極との間に積層してなる有機EL素子において、

- 5 前記発光層間の少なくとも1箇所に有機材料からなる中間層を設けたことを特徴とする有機EL素子。

2. 請求項1記載の有機EL素子において、

- 10 前記中間層のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップは、当該中間層に隣接して配置される発光層を構成する少なくとも1つの材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きいことを特徴とする有機EL素子。

3. 請求項1記載の有機EL素子において、

- 15 前記中間層は、正孔輸送性かつ電子阻止性または、電子輸送性かつ正孔阻止性を有していることを特徴とする有機EL素子。

4. 請求項1記載の有機EL素子において、

- 20 前記陽極と陰極との間には、赤色発光層、緑色発光層、青色発光層がこの順に積層されていることを特徴とする有機EL素子。

5. 請求項4記載の有機EL素子において、

- 25 前記陽極と陰極との間には、当該陽極側から赤色発光層、緑色発光層、青色発光層がこの順に積層され、

少なくとも前記緑色発光層と青色発光層との間に正孔輸送性かつ電子阻止性を有する中間層が設けられている

ことを特徴とする有機EL素子。

- 5 6. 請求項5記載の有機EL素子において、 前記正孔輸送性を有する中間層のLUMOのエネルギーレベルが緑色発光層の電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高い
- ことを特徴とする有機EL素子。

- 10 7. 請求項4記載の有機EL素子において、
- 前記陽極と陰極との間には、当該陽極側から赤色発光層、緑色発光層、青色発光層がこの順に積層され、少なくとも前記赤色発光層と緑色発光層との間に正孔輸送性かつ電子阻止性を有する中間層が設けられている
- ことを特徴とする有機EL素子。

15

8. 請求項7記載の有機EL素子において、
- 前記正孔輸送性を有する中間層のLUMOのエネルギーレベルが赤色発光層の電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高い
- ことを特徴とする有機EL素子。

20

9. 発光色が異なる複数の発光層を前記陽極と陰極との間に積層してなる有機EL素子の光取り出し面側にカラーフィルタを設けてなる表示装置において、

前記有機EL素子は、前記発光層間の少なくとも1箇所に中間層を設

- 25 けてなる

ことを特徴とする表示装置。

10. 請求項9記載の表示装置において、

前記有機EL素子は、前記陽極と陰極との間に赤色発光層、緑色発光層、青色発光層をこの順に積層させている

5 ことを特徴とする表示装置。

1/5

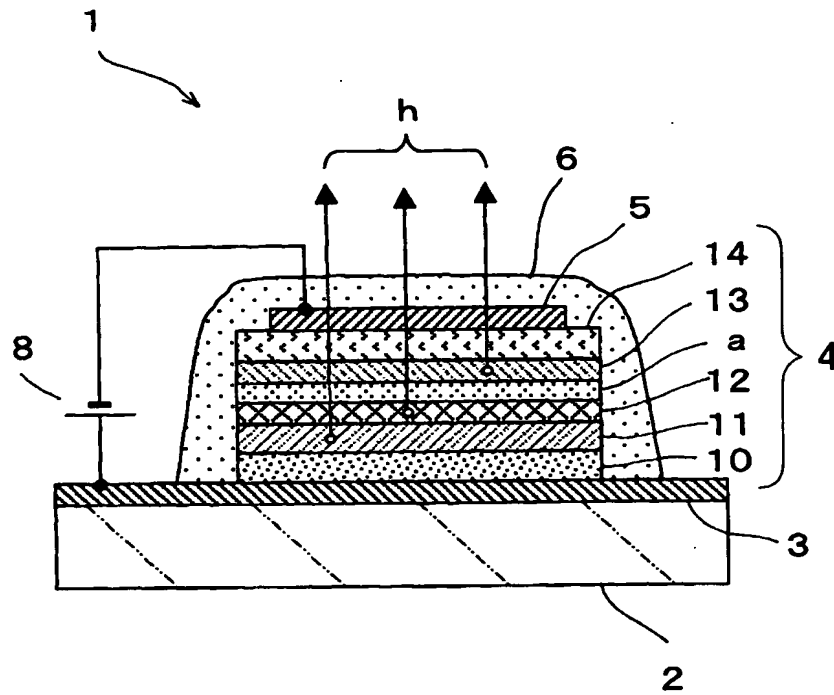


Fig.1

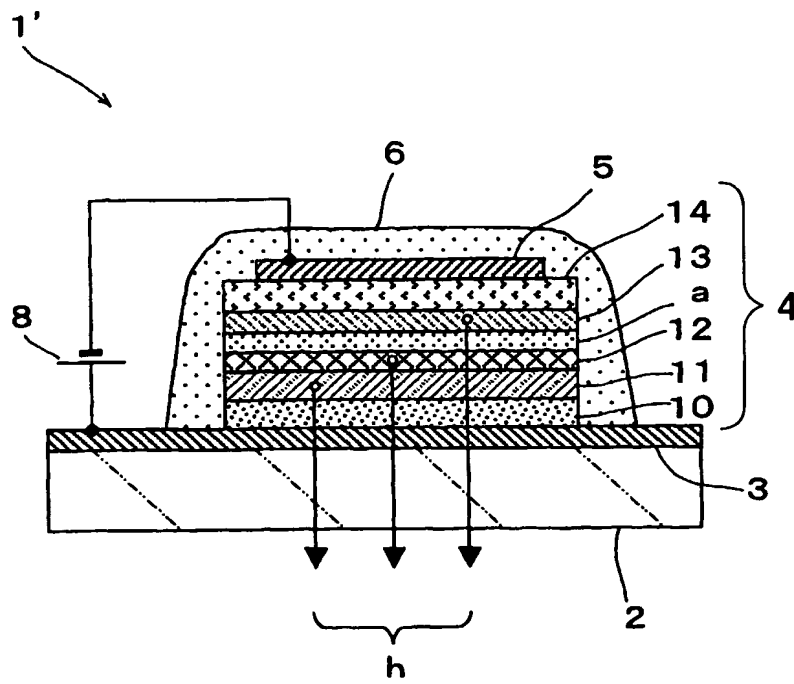


Fig.2

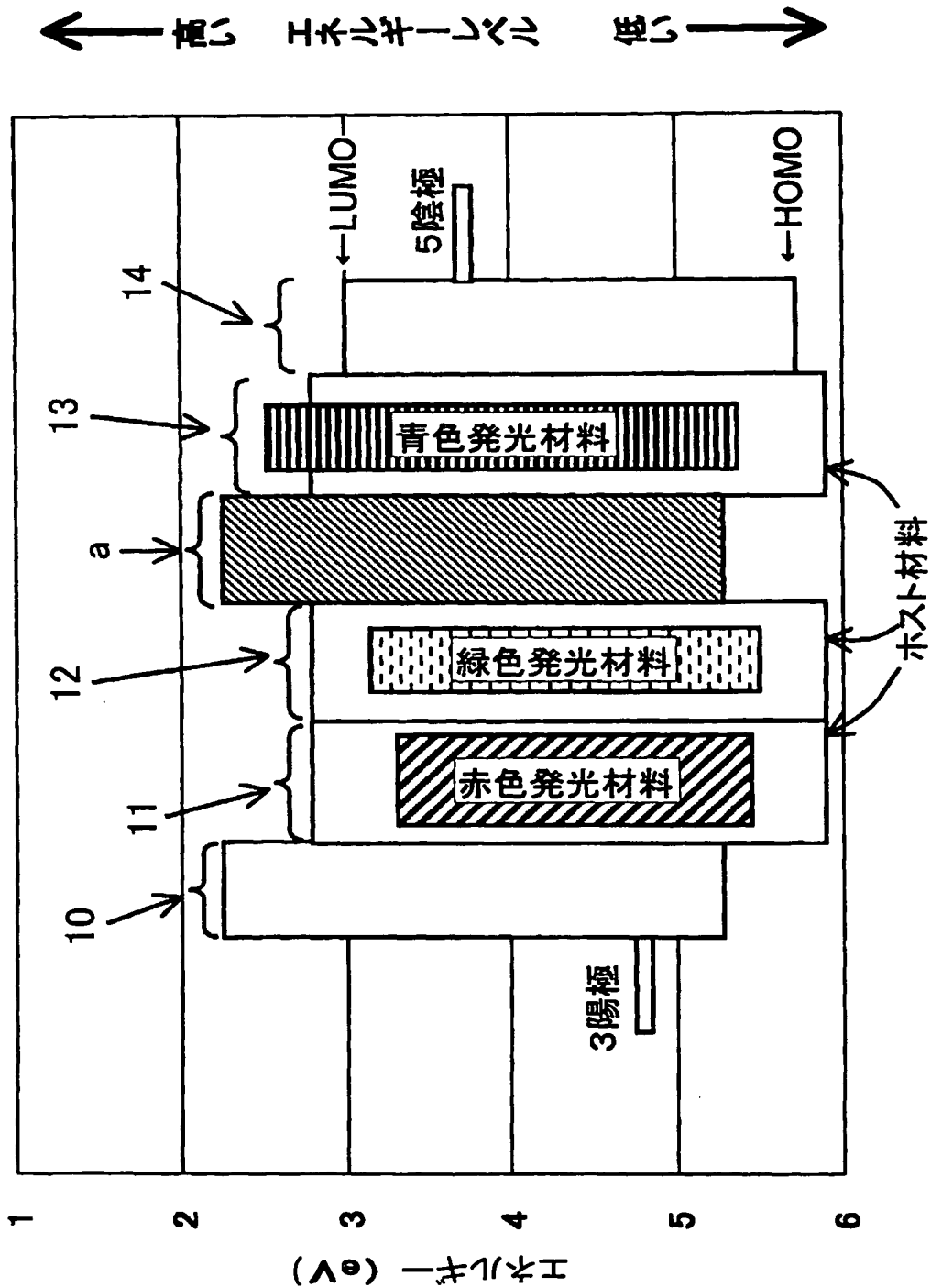


Fig.3

3/5

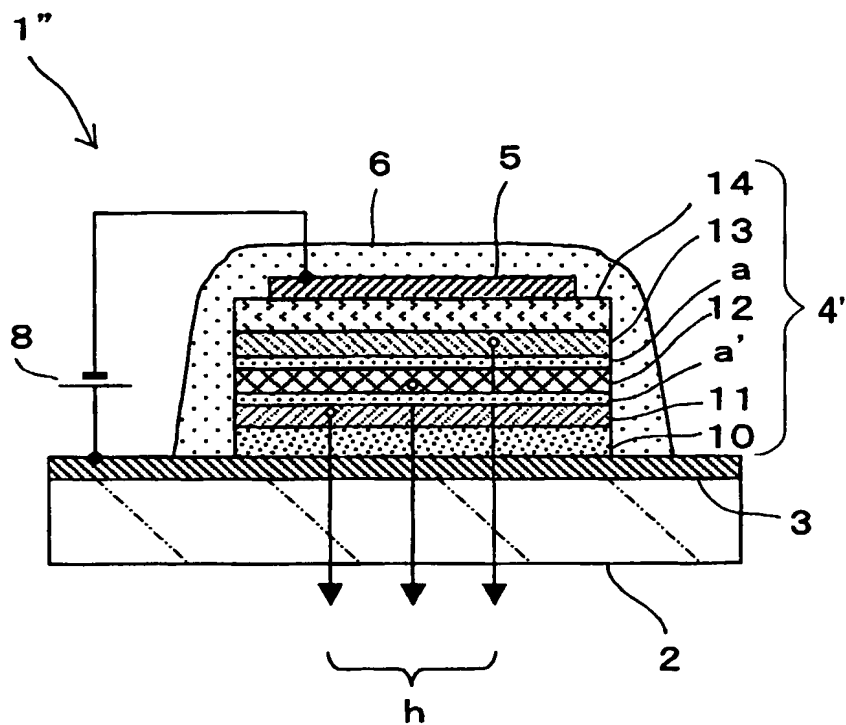


Fig.4

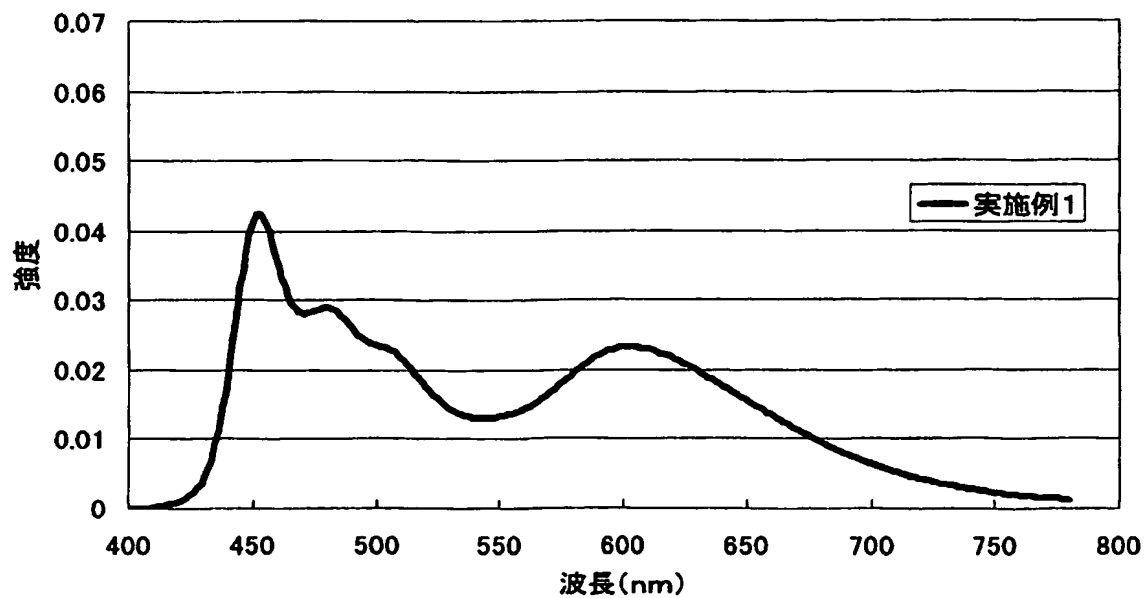


Fig.5

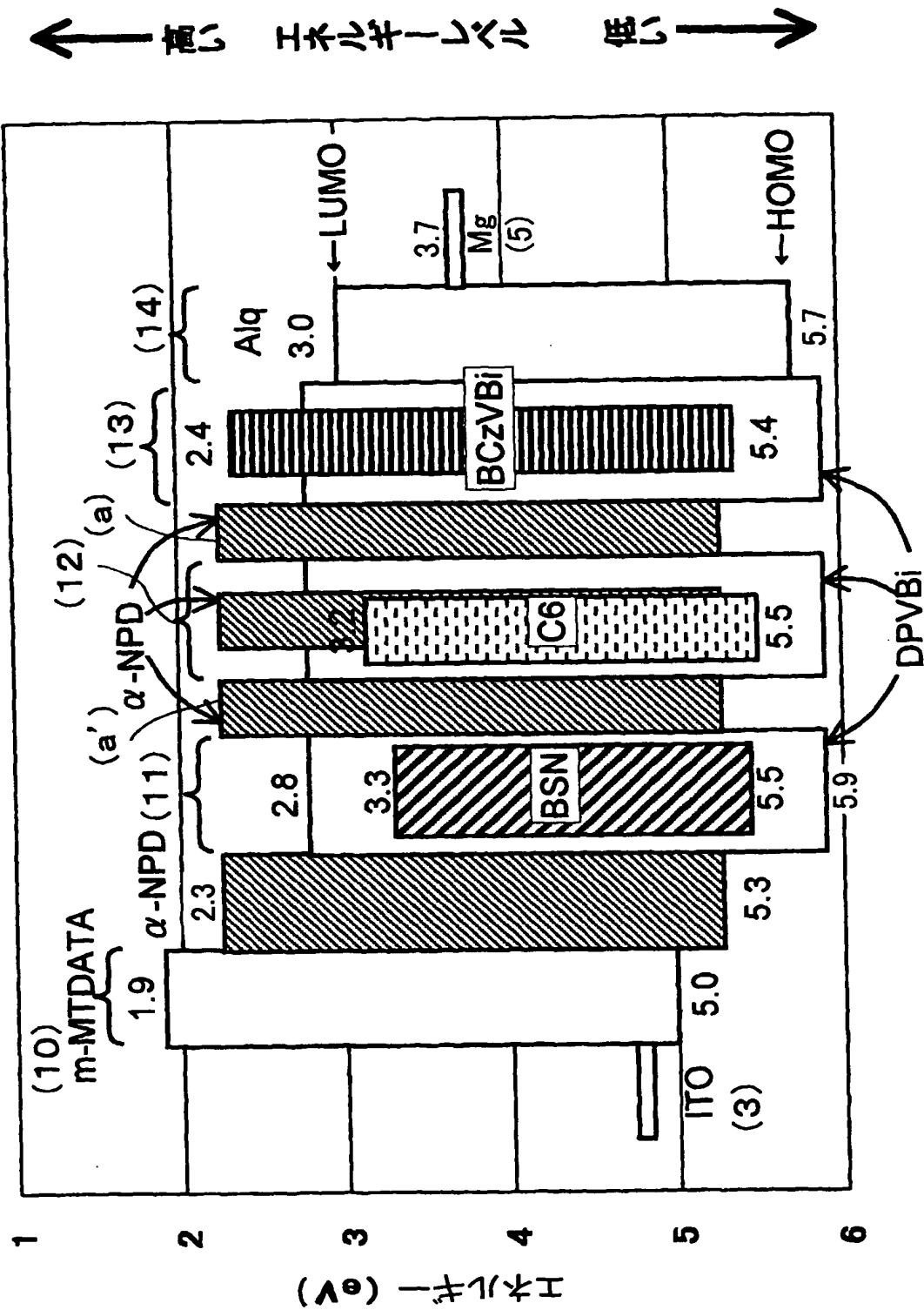


Fig.6

5/5

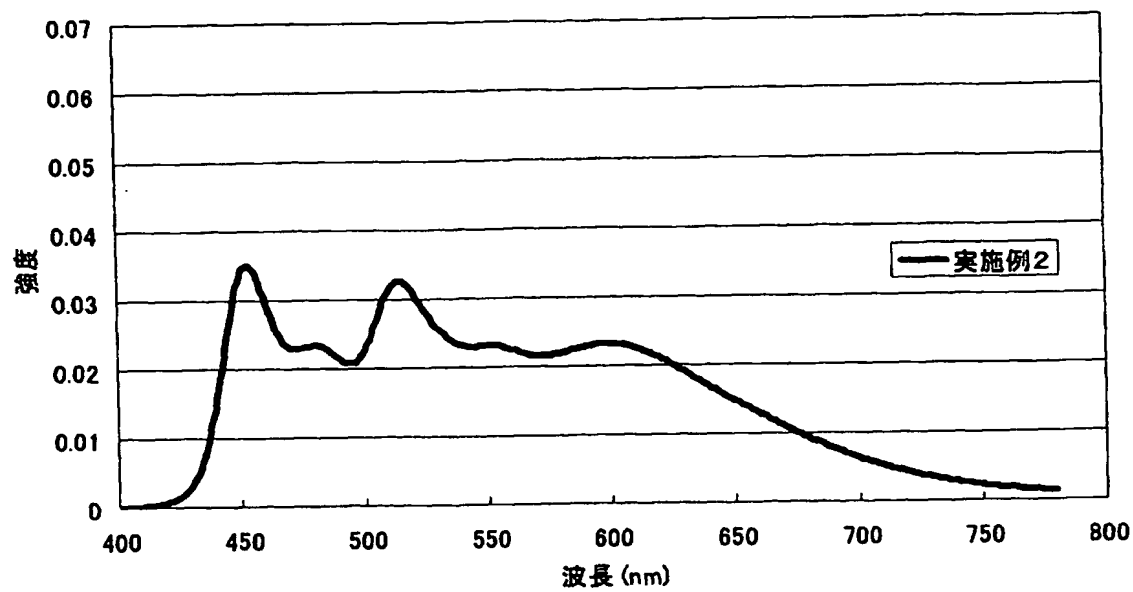


Fig.7

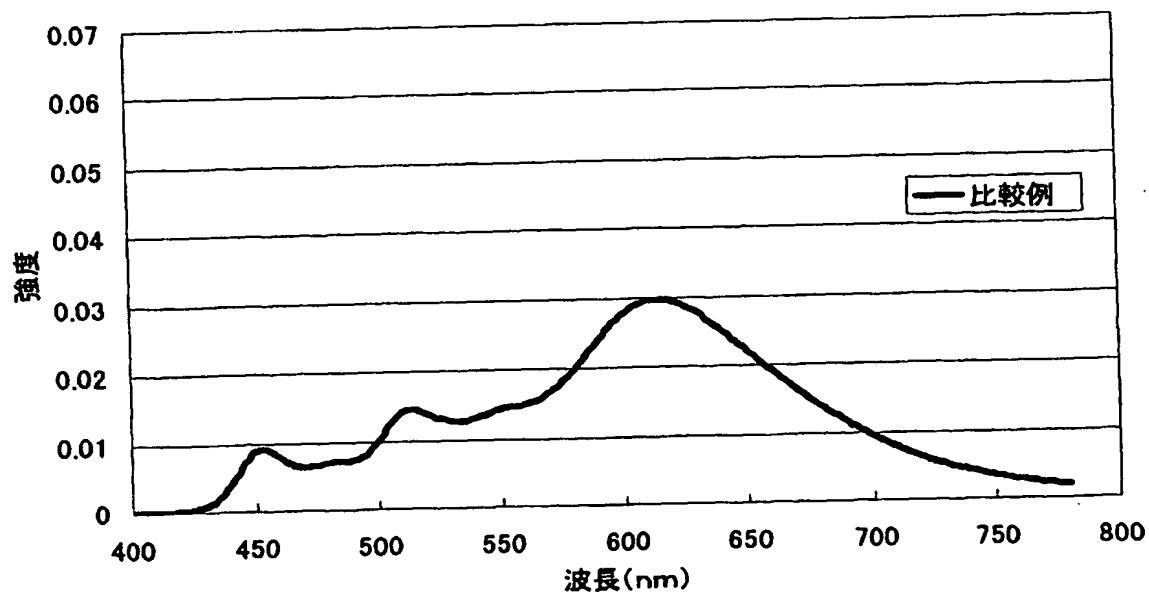


Fig.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012327

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H05B33/22, H05B33/14, H05B33/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H05B33/00-33/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 8-78163 A (Kemipuro Kabushiki Kaisha), 22 March, 1996 (22.03.96), Par. Nos. [0006] to [0030]; example 1; Par. No. [0052]; Fig. 2 (Family: none)	1-3, 9 4-8, 10
A	JP 10-3990 A (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 06 January, 1998 (06.01.98), Fig. 4; Par. Nos. [0012] to [0018] (Family: none)	4-8, 10
A	JP 2000-58264 A (Denso Corp.), 25 February, 2000 (25.02.00), Par. Nos. [0054] to [0057] (Family: none)	4-8, 10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 January, 2005 (18.01.05)

Date of mailing of the international search report
01 February, 2005 (01.02.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H05B33/22, H05B33/14, H05B33/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H05B33/00-33/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2005年
 日本国実用新案登録公報 1996-2005年
 日本国登録実用新案公報 1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 8-78163 A (ケミプロ株式会社) 1996.03.22	1-3, 9
A	【0006】-【0030】, 実施例1, 【0052】, 図2 (ファミリー無し)	4-8, 10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18.01.2005

国際調査報告の発送日

01.2.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

2V

3208

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 10-3990 A (出光興産株式会社) 1998.01.06 図4, 【0012】-【0018】 (ファミリー無し)	4-8, 10
A	J P 2000-58264 A (株式会社デンソー) 2000.02.25 【0054】-【0057】 (ファミリー無し)	4-8, 10